

腐食劣化対策としての 下水圧送管路の維持管理

下水道圧送管路研究会 景山 早人

7 はじめに

下水道管路施設の送水方式は、図-1に示したように分類されます。

本稿で述べる圧送方式の基本的な特徴としては、①ポンプ設備により下水を圧力輸送するため、管路は下り勾配を保つ必要がなく、自由な配管レイアウトが可能、②管口径を小さくすることができる——といったことが挙げられます。圧送方式は、起伏が大きい処理区や人口低密度地域における「汚水圧送管」や処理場で発生した汚泥を統合処理するために別の処理場に輸送する「汚泥圧送管」などに使用されてきました。また、浸水対策として整備された雨水貯留池・貯留管から処理場や河川などに送水・放流する雨水圧送管としても使用されています。

2 下水圧送用管材について

圧送管路には土圧や輪荷重などの外圧に加えて、ポンプによる高水圧が常に作用するため、設計条件に対し十分な強度・水密性・耐久性などを有する管材を選定する必要があります。下水道圧送管路では、主にダクタイル鋳鉄管（JSWAS G-1、G-2）が使用されていますが、その

他にも鋼管（JIS G 3443、3442等）、硬質塩化ビニル管（JIS K 6741）、ポリエチレン管（JSWAS K-14）といった管材が使用されています。

また、下水圧送用管材には地震時の地盤変形や衝撃にも耐えられる管種を選定する必要があります。「下水道施設の耐震対策指針と解説—2014年版—」には、「汚水圧送管及び送泥管は重要な役割を持つ場合が多く、また、自然流下の管きよとは異なり、被害を受けた場合、流下機能への影響や汚水や泥土の流出のおそれ大きい。したがって、重要な汚水圧送管及び送泥管は2条以上を布設し、それらの間に互換性を持たせるとともに、耐震性能を有する継手構造を設けることが望ましい」として、図-2に示したような管材を使用することが推奨されています。

3 下水圧送システムにおける 管路腐食の現況

下水管路の劣化は大きく分けて、硫化水素に起因する管内面からの腐食と埋設環境に起因する管

図-1 管路施設の送水方法¹⁾

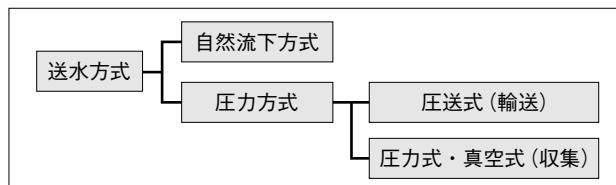


図-2 ダクタイル鋳鉄管の耐震継手の例²⁾

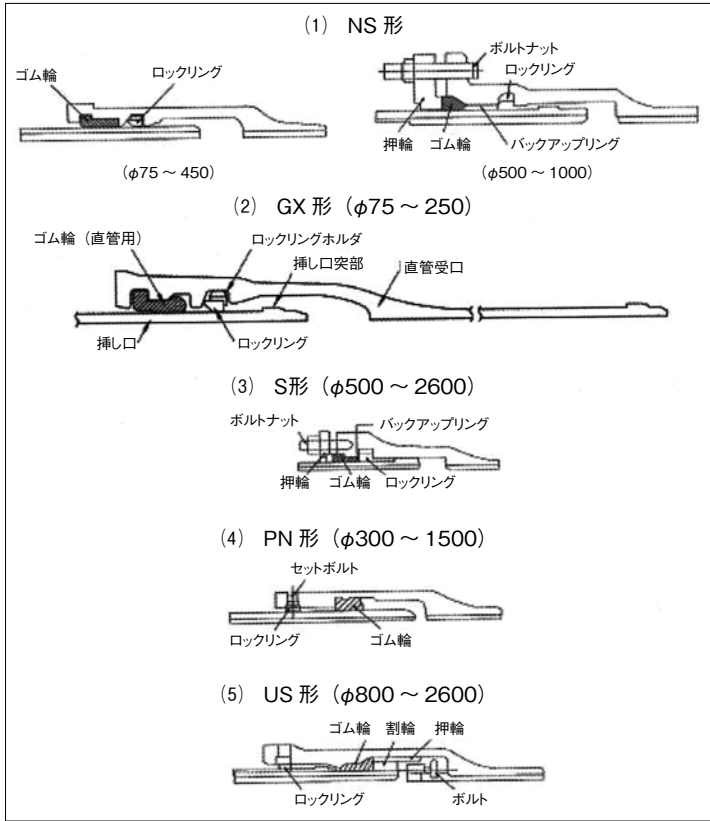
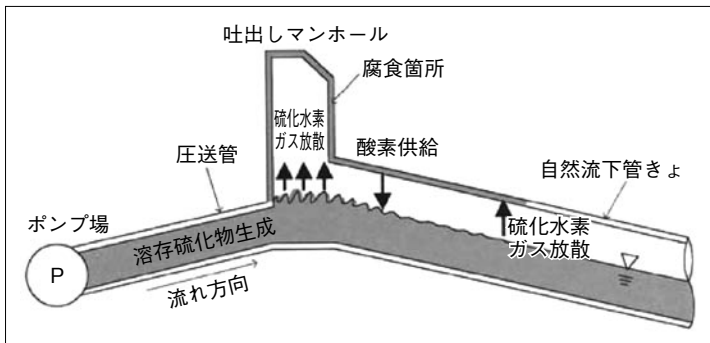


図-3 コンクリート腐食の概念図³⁾



外面からの腐食が考えられます。腐食の現況について、以下に詳細を述べます。

3.1 硫化水素に起因する内面腐食について

図-3に、圧送方式における、硫化水素に起因する腐食のおそれが大きい場所を示します。

圧送管路内で下水が嫌気的な状態になると、硫酸イオンが嫌気性細菌である硫酸塩還元細菌によって還元され、硫化物が生成します。圧送管路内で生成した硫化物は、管路末端のマンホールや着水井などの吐き出し部分で空気中に硫化水素として放散され、悪臭の原因となります。さらにその周辺で好気性細菌である硫黄酸化細菌によって硫化水素から硫酸が生成され、マンホールや圧送管路以降の自然流下管きよ箇所でのコンクリート施設の腐食を引き起こします。

次に、下水圧送管路で一般に使用されているダクタイル鋳鉄管について説明します。

近年、圧送管路部分においても、内面モルタルライニング仕様のダクタイル鋳鉄管で硫化水素に起因する腐食事例が報告されています。基本的に圧送管路は通常満流状態であり、図-4のような動水勾配より低い位置の管路であれば、間欠運転時でも常に管路は満水状態となり、硫化水素が放散されることはなく内面腐食は起こりません。

一方、動水勾配より高い位置の管路では、図-5に示すような管路形状の場合、一部で非満流（気相部）となり硫化水素に起因する腐食の危険性があります。この場合、内面に施されたモルタルライニングは上述したメカニズムと同様なかたちで腐食が発生し、最終的には鉄部まで腐食され漏水に繋がることがあります。

3.2 埋設環境に起因する外面腐食について

圧送管路にダクタイル鋳鉄管などの鉄系管材を使用した場合、埋設環境によっては外面からの腐食が発生する場合があります。外面腐食が発生する要因としては、埋設環境が腐食性土壌であるこ

図-4 全線圧送管路のイメージ

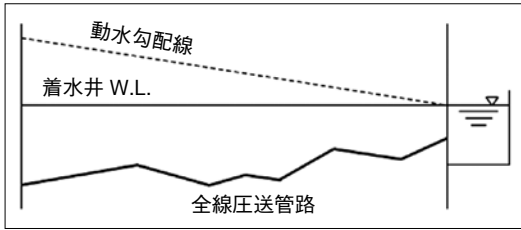


表-1 硫化水素対策の例

分類	手法	効果
(1) 酸素の供給	空気注入	汚水の嫌気化防止
	酸素注入	
(2) 薬品添加	塩化第二鉄注入	硫化物の酸化および硫化物の固定化
	硫酸第二鉄注入	
	塩化第一鉄注入	硫化物の固定化
	硫酸第一鉄注入	
	硝酸塩注入	
(3) 管路の清掃	高速洗浄	管路内堆積物およびバイオフィームなどの除去
	排泥	
	ピグ洗浄	
(4) 施設の防食	塗装、ライニング	施設の劣化防止
	耐食性の材料	

となどが挙げられます。

4 下水圧送管路における腐食対策

下水圧送管路における腐食対策としては、これまで種々の方法が提案されています。それぞれの対策は、管路の状況に応じて適切に導入を検討するべきです。ここでは、内面腐食対策および外面腐食対策に分けて説明します。

4.1 内面腐食対策について

表-1 に代表的な硫化水素対策について示します。ここでは、対策の特性に応じて大きく四つに分類しています。

(1) 酸素の供給

圧送管路内に直接空気や酸素を注入することで、汚水の嫌気化を防ぎ、硫化水素の発生原因となる硫化物の生成を防ぐ方法です。

適切な量の空気または酸素注入を行えば、高い効果が期待できます。注意点としては、満流時と

図-5 腐食の危険箇所イメージ

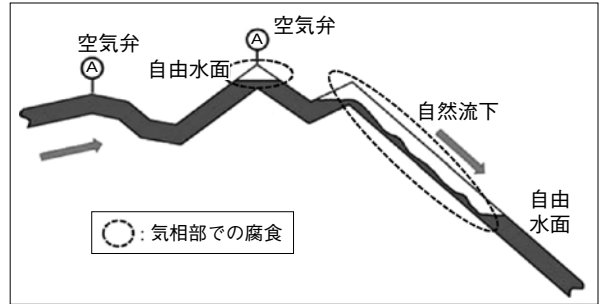
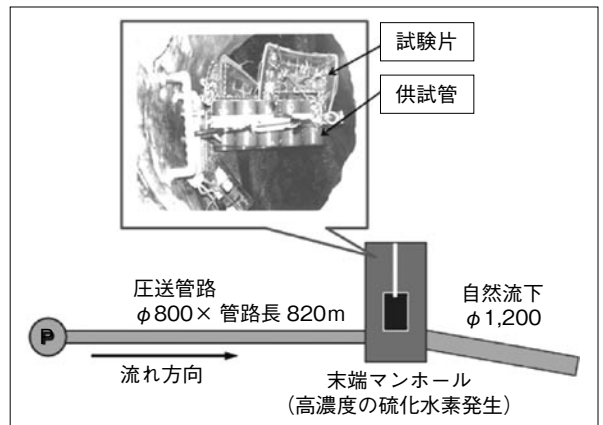


図-6 硫化水素暴露試験の概要



水理的に異なる流れとなるため、事前に圧力損失を検討しておく必要があります。

(2) 薬品添加

薬品の添加により嫌気化を抑制したり、生成された硫化物を固定化し、硫化水素の放散を防ぐ方法です。投入する薬品により効果の種類は異なりますが、いずれも硫化水素の発生を防ぐことに寄与します。

(3) 管路の清掃

硫化水素発生要因となる管内堆積物やバイオフィームを清掃によって除去し、硫化水素の発生を防ぐ方法です。

具体的には、フラッシング（高流速でポンプ運転を行い管内の堆積物や管壁付着物を排出）やピグ洗管（圧送管路内に管内径よりも若干大きいピグを挿入し、ピグに水压を加えて管内を移動させることにより、堆積物や管壁の付着物などの異物

を排出する方法) などがあります。洗管の周期はその目的によって異なり、目安としては以下のとおりです。

- ① 硫化水素の発生防止：1～2週間に1度
- ② 通水能力の回復：年2回程度

(4) 施設の防食

(1)～(3)で説明した方法は硫化水素を発生させない対策ですが、仮に硫化水素が発生した場合で

あっても、使用されている管材に耐食性があれば、内面腐食が発生することはありません。

先に述べた、硫化水素による内面腐食事例が報告されているダクタイル鋳鉄管の場合、硫化水素腐食対策としては内面エポキシ樹脂粉体塗装管を使用することが有効です。

内面エポキシ樹脂粉体塗装は、硫化水素に起因する腐食などに対応できる内面防食仕様として下水道協会規格(JSWAS)にて標準化されています。

さらに、図-6で示したような、最大1,000ppm

図-7 暴露試験結果 (試験片)

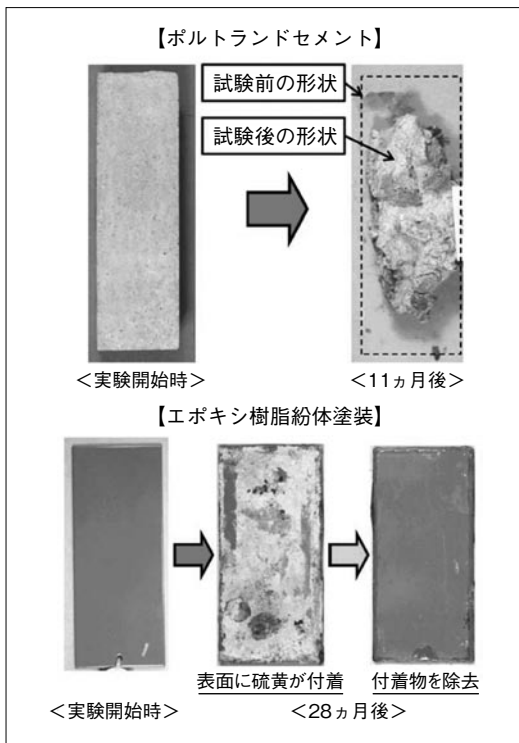


図-10 超音波測定方法

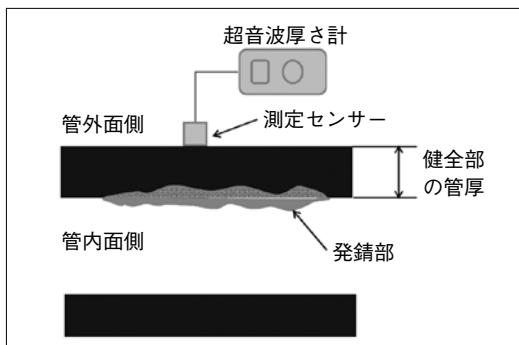


図-8 暴露試験結果 (供試管)

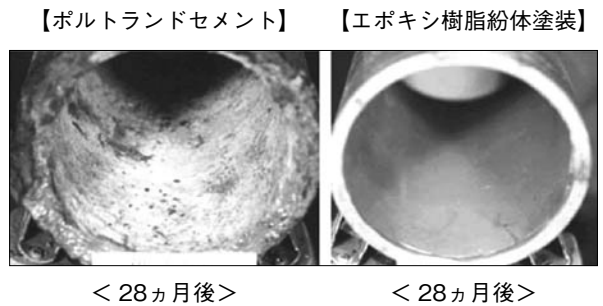


図-9 維持管理フロー

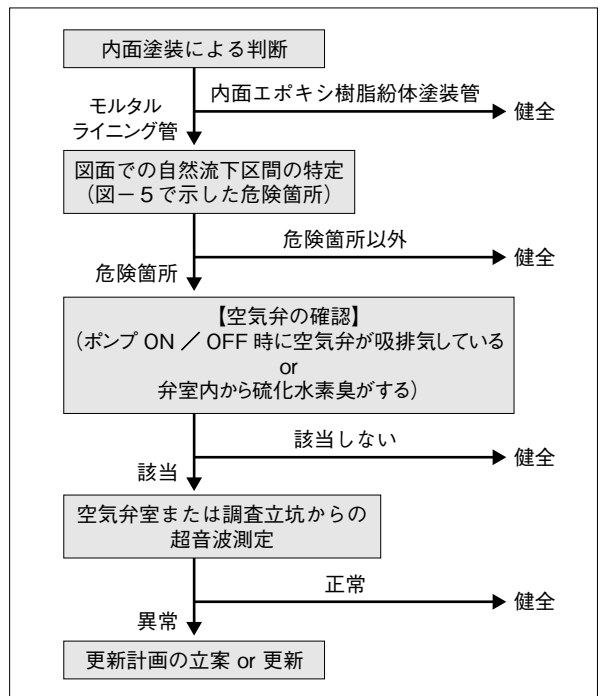
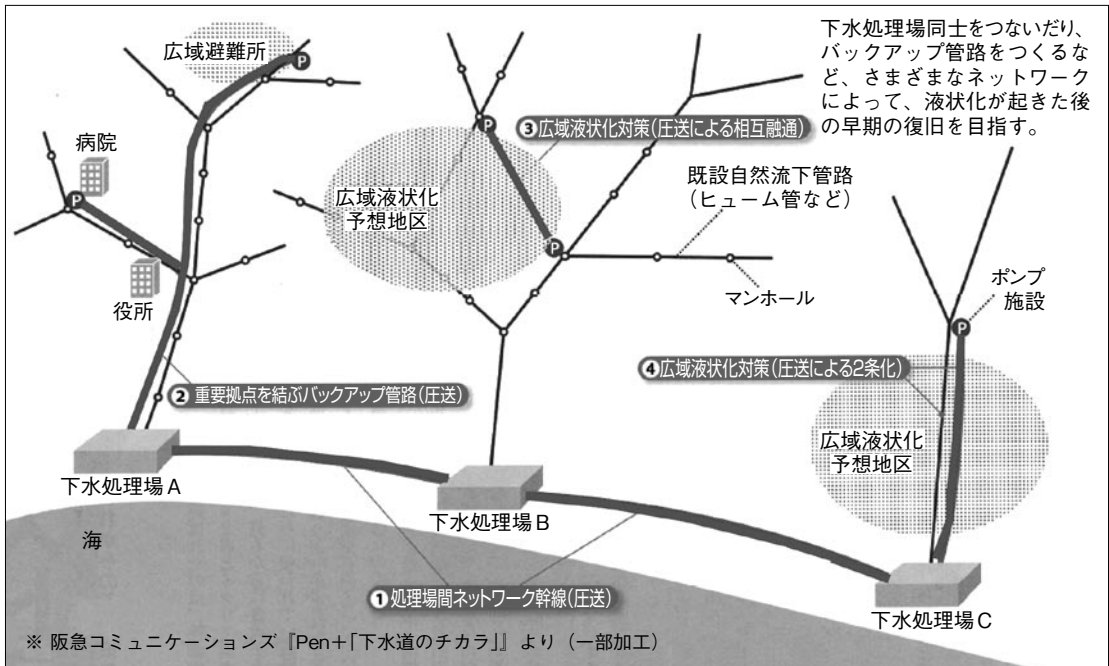


図-11 リスクヘッジを考慮した下水道管路システムのあり方



以上の硫化水素が発生する圧送管路の末端マンホール内での暴露試験により、エポキシ樹脂粉体塗装の耐食性が調査されています。ポルトランドセメントの試験片や供試管は短期間で腐食しましたが、エポキシ樹脂粉体塗装を施した試験片および供試管は、28ヵ月経過後も異常がないことが確認されています（図-7、8参照）。

既設の圧送管路施設において、管路が健全な状態か更新が必要な状態かの判断は、図-9の維持管理フローによって行うことができます。フロー図の中にある超音波測定は図-10に示したように、管内面の状況を管外面から調査できる測定方法です。

4.2 外面腐食対策について

上記「3.2 埋設環境に起因する外面腐食について」で述べたとおり、埋設環境によっては外面腐食が発生する可能性があります。外面腐食に対する対策としては、ダクトイル鋳鉄管においてはポリエチレンスリーブ被覆管や外面高耐食塗装管（GX形）を使用する方法があります。

5 おわりに

下水道施設において圧送方式が採用されている管路は重要幹線などの場合が多く、供用を止めることはできません。そのため、使用する管材は十分な耐食性・水密性を有しているに加えて、地震時におけるリスクに対しても機能を損なわずに安心して使用できることも求められています。今後は、図-11に示したように圧送管路による①ネットワーク化、②バックアップ化、③相互融通化、④2条化——などを図り、適切な維持管理や更新を行える環境を整えていくことで、社会の屋台骨である下水道をより強固なシステムとしていく必要があると考えます。

〈出典〉

- 1) (公社)日本下水道協会「下水道施設計画・設計指針と解説 前編—2009年版—」
- 2) (公社)日本下水道協会「下水道施設の耐震対策指針と解説—2014年版—」
- 3) (公社)日本下水道協会「下水道管路施設腐食対策の手引き(案)」、平成14年5月